Aus der Chirurgischen Universitätsklinik zu Marburg-Lahn.
Direktor: Prof. Dr. Klapp.

Kraftleistung der Kiefer

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät der Universität Marburg

vorgelegt von

Horst Jacobi
approbierter Zahnarzt aus Essen/Ruhr.

Marburg 1932

Buchdruckerei von Joh. Hamel, Marburg

Angenommen von der Medizinischen Fakultät Marburg
am 15. Januar 1932.

Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät.

Referent: Professor Dr. Klapp.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Jeder Mensch wird in seinem Leben schon einmal in die Lage gekommen sein, in Ermangelung eines geeigneten Werkzeuges für eine zu leistende Arbeit, unwillkürlich den Gegenstand seiner Bemühungen der Muskelkraft seines Kauapparates zu übergeben. Ich habe das Wort unwillkürlich mit Absicht gebraucht, eben um damit zu sagen, daß wir uns der Kraft, die unser Kieferapparat zu verkörpern imstande ist, nicht immer voll bewußt sind, weil wir unsere Kauwerkzeuge durch das Fortschreiten der Zivilisation nicht mehr in dem Maße benötigen, wie es wahrscheinlich vor sehr langer Zeit der Fall gewesen ist. Die Stammesgeschichte lehrt uns an Hand zahlreicher Knochenfunde, daß sich besonders die Gesichtsknochen und somit die der Kiefer fortlaufend bis zum heutigen Tage in regressiver Entwicklung befinden.

Darwin hat vielleicht nicht ganz unrecht, wenn er sagt: „Derjenige, welcher mit Verachtung den Gedanken an die einstige Benutzung seiner Eckzähne als furchtbare Waffe der Vorfahren des Menschengeschlechtes von sich weist, enthüllt in seinem Hohn- und Zornausbruch wahrscheinlich seine eigene Abstammung; denn obgleich er weder die Absicht noch die Fähigkeit besitzt, seine Zähne als Angriffswaffe zu gebrauchen, zeigt er durch Kontraktion gewisser Gesichtsmuskeln seine Zähne, bereit zum Angriff, wie ein Hund, welcher sich zum Kampf anschickt". (Die Abstammung des Menschen).

Bilstein behauptete in seiner Arbeit, daß gewisse Negerstämme in Zentralafrika ihre Schneide- und Eckzähne spitz zufeilten, um sie im Zweikampf besser als Waffe gebrauchen zu können.

Man kann diese Behauptungen zumindest nicht ganz unbeachtet lassen, wenn man die Schädelform und Ausmaße der Diluvialmenschen mit denen eines heutigen Europäers vergleicht. Man findet eine bedeutend geräumigere

und breitere Basalfläche des Oberkiefers, dementsprechend waren auch die Unterkiefer divergenter als die des heutigen Europäers. Drossard gibt an (nach Boule), daß der Flächeninhalt des Gaumens des Diluvialmenschen mit 2700 qmm dem eines Europäers mit 1670 qmm gegenüber steht. Ebenso sind auch die einzelnen Knochen der Kiefer entsprechend stärker, demzufolge waren auch die Ansatzpunkte für eine stärkere Muskulatur gegeben. Mit einem Wort, die Kauwerkzeuge waren den Lebensbedingungen angepaßt. Die regressiven Erscheinungen des menschlichen Körperbaues und speziell des Gebisses liefen einher mit der Findigkeit des Menschen, andere Kräfte sich nutzbar zu machen und für sich arbeiten zu lassen. So wurde langsam der Körper der harten Arbeit entwöhnt, worauf der Organismus, wie wir aus Erfahrung wissen, mit Degeneration antwortet. Wie weit die Benutzung des Gebisses beim prähistorischen Menschen ging, ob er es nur zum Zerkleinern der Nahrung, oder aber auch als Werkzeug, oder sogar als Waffe nötig hatte, läßt sich heute nur noch vermuten. Jedenfalls genügte schon die Nutzbarmachung des Feuers für den Menschen, um sein Gebiß in großem Umfang zu entlasten. Wahrscheinlich war auch die Muskulatur des Kauapparates unserer Vorfahren vor 4--500 Jahren noch bedeutend kräftiger ausgebildet, wenn man bedenkt, wieviel Arbeit heute Messer und Gabel unserer Kiefermuskulatur ersparen. Trotz aller dieser regressiven Erscheinungen des menschlichen Kauapparates sind wir auch heute noch imstande, mit eben diesen Kraftleistungen zu vollbringen, die nicht unentdeckt bleiben konnten und so der Wissenschaft zu mannigfachen Untersuchungen Anlaß gegeben haben. Einige Autoren geben an, errechnet zu haben, daß die Kaumuskulatur die größte absolute Kraft (8,5 kg bis 10,5 kg) der gesamten Körpermuskulatur für sich in Anspruch nehmen könnte. Wenn man von dem Gesichtspunkt ausgeht, daß die Muskulatur durch dauernde Uebung und Inanspruchnahme zu Leistungssteigerungen angehalten werden kann, und man nimmt als Beispiel eine Person, die durch ihren Beruf den ganzen Tag an den Schreibtisch gefesselt ist und den hierdurch ent-

stehenden Mangel an Körperbewegung in der Freizeit nicht auszugleichen sucht, so kann man sich schon vorstellen, daß die absolute Kraft der Kaumuskulatur die der anderen im Laufe der Jahre übertrifft, da die Kaumuskulatur in jedem Fall in Anspruch genommen wird. Ich möchte jedoch bei einem Läufer, der damit beschäftigt ist, eine Spitzenleistung zu erzielen, eher den Musculus gastrocnemius in Bezug auf die absolute Kraft den Vorzug geben. Man sieht an den früher auf Jahrmärkten auftretenden sogenannten „Beißern" und heute noch oft sich zeigenden Zahnakrobaten, daß die Kiefermuskulatur durch Training und Ueberbeanspruchung zu Kraftleistungen gebracht werden kann, die uns in Erstaunen versetzen müssen. Wenn man sieht, wie ein Mann einen schweren Tisch oder ein Faß mit den Zähnen aufhebt, oder im Zirkus hängt ein Akrobat im Kniehang am Trapez, zwischen den Zähnen ein anderes Trapez haltend, an dem sein Partner turnerische Uebungen vollbringt, so muß sich jeder sagen, daß hier Kräfte am Werk sind, die von einer anderen Muskelpartie des Körpers nicht so leicht aufgebracht werden können, auch dann noch nicht, wenn man die Kraft, die von der Nackenmuskulatur bei den meisten dieser Vorführungen geleistet wird, in Abzug bringt.

Nach Valentin soll ein starker Mann sogar Eisenstäbe durchbissen haben. Das wäre auch eine ungeheure Leistung, da bei diesem Experiment auch noch der Schmerzhaftigkeitsdruck in größerem Maße in Erscheinung treten dürfte. Es lassen sich manche Fälle anführen, wo die Kraftleistung der Kiefermuskulatur die Widerstandsfähigkeit der Zähne zunichte machen. Bilstein schildert folgenden Fall:

Der Artist B. hing sich bei seinen Produktionen mit einem Fuß an der Spitze einer Bambusstange auf; dann nahm er ein Lederstück, an welchem ein Drahtseil befestigt war, in den Mund, biß fest hinein, wie sich noch an den Eindrücken in dem Lederstück feststellen ließ, und eine Seiltänzerin balancierte auf dem angespannten Seil herum. Er machte jedoch den Fehler, daß er das Lederstück beiderseits nur bis zum 2. Prämolar reichen ließ. Infolgedessen gaben die Alveolen der Haltezähne schließlich nach, was zur Folge hatte, daß die äußere Alveolarwand gelegentlich einer Vorstellung frak-

turierte und anschließend eine Luxation aller Zähne im Oberkiefer, mit denen er sich im Leder festgebissen hatte, eintrat. Die Untersuchung ergab: Fraktur der gesamten vorderen Alveolarwand von 4 o. r. bis 4. o. l.

Dieck schildert uns einen Fall, wo ein Mann, der seit längerer Zeit an Delirium tremens und epileptischen Anfällen litt, sich im Verlauf eines derartigen Krampfes die unteren vier Schneidezähne mitsamt dem Alveolarknochen ausgebissen hatte, sodaß dieselben fast horizontal gegen die untere Lippe umgelegt waren. Ein Zeichen dafür, daß die Kiefermuskulatur Erstaunliches leisten kann, wenn sie nicht reflektorisch durch Schmerzempfindung gehemmt wird.

Vielleicht haben diese Ueberleistungen der menschlichen Kiefermuskulatur den Anstoß dazu gegeben, diese Kräfte einmal zu messen und in vorstellbaren Werten anzugeben. Es sind bei diesen Messungen Werte überliefert worden, die wohl zum Teil außerhalb des Bereichs des Möglichen liegen dürften. Riechelmann zitiert Angaben von Max Müller, nach dem an Kieferkraft angenommen wird von

Siegmund 650 kg
Burras 250 kg
Wedelstädt 175 kg.

Wie gesagt, sind diese Angaben zum Teil wegen Mangel an Wahrscheinlichkeit für uns wertlos. Es sind nun im Laufe der Jahre von Autoren mannigfaltige Messungen unternommen worden, die untereinander stark differieren, sodaß man ersehen kann, wie schwer es ist, die Kieferkraft des Menschen zu messen und sie auf eine Norm zu bringen, da die große Verschiedenheit der menschlichen Kiefer und viele andere Faktoren, wie Schmerzhaftigkeitsdruck, psychische Einstellung des Einzelnen und andere mehr, die Resultate der Messungen stark beeinflussen. Man ist erst mit der Zeit auf all diese Faktoren eingegangen und hat von seinen Vorgängern gelernt, sodaß sich die Ergebnisse zuletzt etwas einheitlicher gestalteten. Man hat sich nicht damit begnügt, die Gesamtkraft der Kiefermuskulatur zu messen, sondern man ging weiter und versuchte, die Kräfte zu messen, die einzelne Kaueinheiten zu leisten imstande sind. Auch wurden

Versuche unternommen, die Kraft festzustellen, die der Mensch benötigt, um die verschiedenen Speisen zu zerkleinern, die zu seiner Ernährung notwendig sind. Die letztgenannten Versuche sind insofern von geringerem Wert für uns, als der statische Kräfteaufwand bei all diesen Versuchen gemessen worden ist, während wir bei dem komplizierten Kauakt, vermöge unseres Kiefergelenks in der Lage sind, dynamische Kräfte auf die Speisen einwirken zu lassen, die bekanntlich bei geringerem Kraftaufwand dasselbe leisten. Wenn Patrick feststellt, daß, um eine Nuß zu zerbeißen, ein Kraftaufwand von 120 Pfund notwendig ist, so dürfte dieses Resultat wohl die wirkliche Kraft, die der Mensch beim Zerbeißen einer Nuß aufbringt, um etliches übersteigen. Wenn Patrick eine Nuß zerbricht dadurch, daß er sie mit einem Gewicht von 120 Pfund belastet, so weicht diese Methode doch zu sehr davon ab, wie der Mensch mit seinem Kiefer diese Aufgabe erledigen würde. Wenn wir uns daran erinnern, mal eine Nuß mit den Zähnen geknackt zu haben und wie wir es gemacht haben, so müssen wir alle zu dem Ergebnis kommen, daß wir niemals sofort mit aller Kraft unserer Kaumuskulatur die Nuß bearbeitet haben, sondern daß wir die Nuß mit Hilfe der Zunge, oder wenn sie zu groß war, mit den Händen in immer wechselnder Lage zwischen die Zähne brachten, bis wir eine schwache Stelle in der Konstruktion der Nuß gefunden hatten und nun mit einem wenig Mehr an Kraft die Nuß zerbrechen konnten. Ebenso machen wir es mit allen Speisen, die im Mund zerkleinert werden, unbewußt mit Hilfe unserer beweglichen und mit den feinsten Tastnerven ausgestatteten Zunge. Bei den Tieren ist es ganz ähnlich. Wer einmal beobachtet hat, wie ein Hund einen größeren Knochen zerbeißt, wird wissen, daß er auch nicht gleich mit der ganzen Kraft seiner Kiefer versucht, den Knochen zu zertrümmern, sondern ihn dauernd im Maul dreht und wendet, bis er den geeigneten Angriffspunkt für seine Kieferkraft gefunden hat. Wieviel harte Zuckersteine haben wir als Kinder nicht nur gelutscht, sondern, um den Genuß zu erhöhen, auch zerbissen, aber wir hätten es nicht gekonnt, wenn eine Kraft von 40 kg (nach

Black) dazu nötig gewesen wäre, nicht weil unsere Kiefermuskulatur diesen Druck nicht hätte aufbringen können, sondern weil das Paradentium wahrscheinlich durch Schmerz unserem Tun Einhalt geboten hätte. Ich will mit Anführung dieser Beispiele sagen, daß die Messungen der Kräfte und die gefundenen Werte, die zur Zerkleinerung unserer Nahrung notwendig sind, keineswegs der Wirklichkeit nahekommen und uns höchstens als eine gewisse Veranschaulichung dienen könnten.

Ehe ich dazu übergehe, die verschiedenartigen Messungen der einzelnen Autoren zu besprechen, möchte ich noch auf die wichtigsten Faktoren, die bei der Kieferkräftemessung eine Rolle spielen, eingehen.

In erster Linie ist Konstitution, Alter und Geschlecht der zu messenden Person von Wichtigkeit. Ferner, wenn wir uns den Unterkiefer als einen einarmigen Hebel vorstellen, dessen Drehpunkt im Kiefergelenk liegt, kommt es bei gleicher Kraftanwendung der Kaumuskulatur immer auf die Entfernung des jeweiligen Aufbißpunktes vom Drehpunkt an. Deshalb finden wir bei den Incisiven geringere Werte als bei den Molaren. Dann der sogenannte „Schmerzhaftigkeitsdruck". Unter Schmerzhaftigkeitsdruck versteht man den Druck, der von der Kaumuskulatur aufgebracht werden muß, um im Paradentium des belasteten Zahnes einen Schmerz auszulösen. Natürlich ist hierbei von großer Wichtigkeit, ob die zu messende Person ihre Zähne durch gutes Kauen viel beansprucht hat oder nicht. Wenn z. B. die Versuchsperson die Angewohnheit hat, nur einseitig zu kauen, sei es, daß auf der anderen Kauseite Zähne pulpitisch erkrankt oder fehlen, wird man immer finden, daß auf der Seite, die wenig oder garnicht beansprucht wird, schon bei viel geringerem Druck ein Schmerz ausgelöst werden kann, also daß der Schmerzhaftigkeitsdruck geringer ist, als auf der Kauseite. Der Schmerzhaftigkeitsdruck ist nun wiederum von dem angewandten „Flächendruck", d. h. dem Druck pro Flächeneinheit, abhängig. Wenn ich z. B. durch eine gewisse Kraftanstrengung der Kiefermuskulatur einen Zahn bis zur Schmerzhaftigkeit des Paradentium belasten würde, und ich ließe dieselbe Kraft an-

schließend auf drei Zähne verteilt wirken, so würde kein Schmerz erzielt werden, da der Druck pro Zahn oder pro Flächeneinheit nur noch ein Drittel beträgt. — Wir wollen hierbei mal annehmen, daß die drei Zähne denselben Wurzelquerschnitt hätten. — Verkleinert man also den Flächendruck dadurch, daß man bei einem gesunden Gebiß alle Zähne gleichmäßig belastet, in dem man sich Aufbißplatten anfertigt, die den Kauflächen genau anliegen, so kann man die maximale Kraft der Kiefermuskulatur wohl wirken lassen, ohne daß der Schmerzhaftigkeitsdruck erreicht würde und die Messungen beeinträchtigt würden. Zuletzt sei noch erwähnt, daß die mehr oder weniger gut durchdachten Konstruktionen der Meßapparate Fehlerquellen in sich bergen, die für den unterschiedlichen Ausfall der Messungen mit die Verantwortung tragen.

Die ersten Messungen der Kieferkräfte sind uns von dem Anatom Borelli, Professor an der Jesuitenschule in Rom um die Mitte des 18. Jhrd. überliefert worden. Er gestaltete die Versuche so, daß er eine Schnur quer über die Zahnreihen des Unterkiefers legte. Die Enden der Schnur wurden vereint mit Gewichten belastet. Auf diese Weise kam Borelli zu Ergebnissen, die zwischen 60 und 200 kg schwankten. Diese hohen Werte lassen vermuten, daß die Nackenmuskulatur bei den Versuchen nicht ausgeschaltet war. Ungefähr 100 Jahre später machte Professor Sauer ähnliche Versuche. Er legte eine Stahlplatte bei weit geöffnetem Kiefer so weit nach hinten quer über die Zahnreihen des Unterkiefers, als es die Mundwinkel gestatteten. Die Stahlplatte wurde an den beiden überstehenden Enden je zweimal durchlöchert und durch Drähte mit den verschiedenen Gewichten belastet. Er ließ nun, nachdem vorher die Drähte angespannt waren, bei aufrechter Körperhaltung die Kiefer schließen. Sauer fand bei seinen Versuchen durchschnittlich 50 kg Leistung. Er gibt zu, daß mit einem geeigneterem Meßinstrument eine höhere Leistung zu erzielen sei, wenn es gelingen würde, den Aufbißpunkt den Weißheitszähnen näher zu bringen. 1894 trat dann Dr. Dennis auf dem zahnärztlichen Weltkongreß in Chicago mit neuen Kaudruckmessungen an die Oeffentlichkeit. Es heißt in dem Referat von Schaeffer-Stuckert: Professor Black hält die Kraft der Kiefer

für stärker als die der Hand und taxiert sie auf hunderte von Pfund. Hans Bloch, Dresden sagt, daß Akrobaten ihren Mund mit der Gewalt von 500 Pfund schließen können, und Dr. Patrick hat Versuche mit dem Aufbeißen von Nüssen verschiedener Art gemacht. Danach wurden Nüsse, die zum Aufbrechen einer Gewichtskraft von 120 Pfund bedurften, von keinem noch so kräftigem Gebiß eröffnet. Auf letztere Erfahrung fußend, hat der Redner einen Apparat konstruiert, der als höchste Kraftleistung der Kiefer 95 Pfund angab. Dennis findet nun zwischen den Molaren eine Kraft von 65 bis 85 Pfund, zwischen den Prämolaren 5 bis 15 Pfund weniger und zwischen den Incisiven eine Kraft von 30 bis 55 Pfund. Bei Kindern von 8 bis 14 Jahren war die Kraft zwischen den Incisiven größer als zwischen den Molaren. Die Tatsache wurde mit dem Vorhandensein der Milchbackzähne erklärt. Da über die Versuche nichts genaueres gesagt wird, muß man aufgrund der niederen Ergebnisse annehmen, daß wohl mit sehr hohem Flächendruck gearbeitet wurde. Als Nächster tritt dann G. V. Black mit seinen Versuchen an die Oeffentlichkeit. Mit dem von ihm konstruierten Gnathodynamometer macht er Versuche an 50 verschiedenen Personen. Die Messungen schwankten zwischen 30 und 270 Pfund, und er sagt selbst, daß die volle Muskelkraft mit Ausnahme weniger Fälle nicht zur Geltung komme, da die Versuchspersonen wegen der Schmerzhaftigkeit des Paradentium nicht weiter zuzubeißen wagten; eine Tatsache, die auch darauf schließen läßt, daß Black bei diesen Versuchen mit großem Flächendruck arbeitete. Black vervollständigte seine Versuche dann, indem er alljährlich an seinen Studenten Messungen vornahm, sodaß er schließlich bei 1000 Personen Messungen gemacht hatte. Er fand als Ergebnis dieser Untersuchungen eine Durchschnittskraftleistung von 77 kg im Bereich der Molaren. Sein Gnathodynamometer war auf Messungen bis zu 125 kg geeicht. Von den 1000 Versuchspersonen erreichten nur 17 diese Höchstgrenze. Black machte dann weiterhin Versuche, um die Kräfte zu messen, die zum Zerkleinern unserer verschiedenen Nahrungsmittel nötig sind. Er nannte den Apparat, den er zu den Messungen benötigte,

Phagodynamometer. Die Resultate der Versuche sind ganz interessant, und ich möchte sie, aus der Arbeit von Semke entnommen, hier anführen.

Tabelle nach Black.

Gekochtes, gepökeltes Rindfleisch (Corned beef), gute, zarte Qualität	13—15 kg
Rindfleisch, mittelstark gebraten, minderes Stück vom Hals	18—27 „
Rindfleisch, durchgebraten, minderes Stück v. Hals	20—27 „
„ wenig durchgebraten, sehr zart, Lendenstück	15—18 „
„ „ „ sehr zäh	27—36 „
Hammelkoteletten	13—18 „
Hammelbraten vom Schenkel	15—20 „
Roastbeef	20—27 „
Gebratenes Kalbfleisch, gute, zarte Qualität	15—18 „
Gebratene Kalbslende	13—15 „
Zungenbraten	15—22 „
Koteletten von Schweinefleisch, Lendenstück	9—11 „
Schweinebraten	13—15 „
Gedämpfter Schinken, zarte, gute Qualität	18—27 „
Kalte, gesottene Zunge, Stück aus der Mitte	1,3—2,3 „
„ „ „ „ nahe der Zungenwurzel	6,8—9 „
Schnitte von dem Schenkel eines alten Tieres, schwach gebraten	27—36 „
durchgebraten	31—40 „
Schnitte vom Hals	31—40 „

Dagegen gibt es gewisse Arten von Zuckerwerk, die so hart sind, daß sie für durch Karies geschwächte Zahnhöcker gefährlich werden können.

Cristalle von Candiszucker wurden zertrümmert bei	13—22 kg
Fruchtbonbons	22—31 kg
harte alte Zuckerstangen	40—54 kg
harte frische Zuckerstangen	20—27 kg
kleine Zimmetplätzchen (Cinnamon drops)	13—27 kg

Wie schon gesagt, geben uns diese Messungen nicht

die richtigen Werte an, da bei den Versuchen die natürliche Bewegung der Kiefer nicht angewendet werden konnte. Die nächsten Versuche werden von Dr. phil. Eckermann veröffentlicht. Eckermann geht einen etwas anderen Weg als die übrigen Autoren. Er versucht die festgeschlossenen Zahnreihen durch Belastung wieder zu öffnen, da er sich sagt, daß dieselbe Kraft, die der Kiefer beim Schließen zu überwinden imstande ist, auch angewandt werden muß, wenn der festgeschlossene Kiefer geöffnet werden soll. Sein Meßinstrument arbeitet nach dem Prinzip des zweiarmigen Hebels, wobei der Kraftarm sehr klein und der Lastarm sehr groß gewählt wurde, was meines Erachtens leicht Anlaß zu Fehlmessungen geben kann, da der große Lastarm bei nicht genauer Einstellung der Gewichte schon beträchtliche Unterschiede zur Folge hat. Das kann leicht eintreten, da die messende Person auch gleichzeitig auf den Moment achten muß, wo die Muskelkraft der Kiefer durch die Belastung gebrochen wird. Eckermann mißt nur die Kieferkraft im Bereich der Schneidezähne und berechnet die Leistung der übrigen Zähne, von der Voraussetzung ausgehend, daß der Unterkiefer ein einarmiger Hebel ist, der, vom Kiefergelenk bis zu den vorderen Schneidezähnen reichend, genau durch den Weisheitszahn halbiert wird. Demnach ist also die Leistungsfähigkeit im Bereich des Weisheitszahnes immer doppelt so groß wie im Bereich der Incisiven. Die Tatsache, daß die meisten Autoren die größte Kraftwirkung der Kiefer in den Bereich der ersten bezw. zweiten Molaren verlegen, braucht die Theorie Eckermann's nicht zu widerlegen, da der Weisheitszahn ein degenerierter Zahn ist. Eckermann findet bei seinen Versuchen, daß der Kaudruck bei Frauen nur selten 60 kg, bei Männern 80 kg übersteigt. Der normale Kaudruck ist bei Männern nicht unter 25, bei Frauen nicht unter 20 kg bei den Incisiven. Günstig für die Messungen Eckermann's ist der verhältnismäßig geringe Flächendruck, mit dem er arbeitet, da seine Aufbißplatten aus Weichmetall noch mit Gummi überzogen sind.

Morelli läßt bei seinen Versuchen die Zeit der Krafteinwirkung eine Rolle spielen und stellt dann bei den

einzelnen Zähnen fest, wielange sie einen bestimmten Druck auszuhalten imstande sind.

J. Rosenthal macht den Versuch, die absolute Kraft der Kaumuskulatur festzustellen. Er beruft sich auf die Versuche von E. D. Weber und Henke und Knorz, die die absolute Kraft der Armmuskulatur an jungen kräftigen Männern errechnet haben. Die Forscher fanden für den rechten Arm 9 kg und für den linken 7,38 kg, ein Zeichen für den großen Wert der Uebung der Muskulatur. Da Rosenthal die Kiefermuskulatur für die meist-geübte des Körpers hält, vermutet er auch bei ihr die größte absolute Kraft. Er findet bei seinen Messungen Werte bis zu 60 kg und benutzt diese Werte bei den anatomischen Bestimmungen an dem frischen Präparat eines jungen, kräftigen Mannes. Auf diese Weise erhellt er als absolute Kraft der Kiefermuskulatur den Wert von 9 bis 10 kg. Wenn man bedenkt, daß die Zahlen, die Rosenthal bei den Messungen der Kieferkräfte gefunden hat und den Versuchen zur Berechnung der absoluten Kraft der Kiefermuskulatur zugrunde legte, nicht den Durchschnitt der von anderen Autoren gefundenen Werte übersteigen, so kann man sich wohl zu seiner Ansicht bekennen. daß die Kiefermuskulatur im allgemeinen die meist beanspruchte des Körpers ist und demnach die größte absolute Kraft besitzt.

A. Schröder setzt dann die Versuche von Rosenthal fort. Er findet, daß die Weite der Mundöffnung bei den Messungen nicht von Bedeutung ist.

A. Müller führt in seiner Arbeit die Ansicht Riechelmann's an. Demnach sagt Riechelmann, daß der an einzelnen Zähnen gemessene Kaudruck keineswegs der gesamten Kieferkraft entspräche. Man müßte zu diesem Zweck die ganzen Zähne gleichmäßig belasten. Er hält den maximalen Kaudruck, der von Fick mit 400 kg errechnet wurde, für den richtigen und meint, daß der praktische Druck der beim Kauen angewandte und mit 30 bis 80 kg zu bemessen sei.

H. Schröder ist der erste, der die Erkenntnis, daß der Kaudruck von der Größe des Flächendrucks abhängig ist, praktisch verwertet. Er führt die Versuche so aus, daß er verschieden viel Zähne belastet, und findet, daß die Kaukraft zunimmt, wenn der Flächendruck verkleinert wird. Auch wie

A. Schröder ist er der Ansicht, daß die Weite der Mundöffnung bei den Kraftmessungen keine Rolle spielt. A. Müller führt dann noch die Versuche von Otto Etling an. Etling machte seine Messungen nach dem Kugeldruckverfahren. Er klebt eine Stahlkugel von 7,53 mm Durchmesser auf die Kaufläche eines Zahnes und legt über die Antagonisten eine Bleiplatte. Nun läßt er zubeißen und mißt den erhaltenen Eindruck mit Hilfe eines Mikrometers. Vorher hat er sich in Bleiplatten mechanische Eindrücke hergestellt und kann so die Tiefe der Eindrücke vergleichen. Trotz des sehr großen Flächendrucks, mit dem er arbeitet — denn die Stahlkugel liegt immer nur an einem bezw. zwei Punkten dem Zahn auf — findet er Werte bis zu 62 kg bei den Molaren.

Ich möchte zum Schluß meiner Arbeit noch einiges über die Versuche von Aloys Georg Müller angeben, die er im Anschluß an die Haber'schen Kaudruckmessungen und mit dem Meßapparat von Haber gemacht hat, da sie mir sehr interessant und beachtenswert erscheinen.

Vorher bringe ich noch die Tabelle der Drehmomente, die Müller errechnet hat, um die Ergebnisse der einzelnen Autoren besser vergleichen zu können. Er versteht unter „Drehmoment" das Produkt aus dem gefundenen Druckwert und dem senkrechten Abstand des jeweiligen Druckpunktes vom Drehpunkt, also dem Kiefergelenk. Er sagt ganz richtig, daß die Drehmomente bei demselben Autor eigentlich gleich sein müßten. Die Tabelle zeigt uns, daß dieses nur vereinzelt der Fall ist, und man kann daraus entnehmen, daß bei den Messungen Fehler gemacht worden sind oder nicht alle Faktoren, wie Flächendruck und Zahnschmerzhaftigkeitsdruck usw., genügend berücksichtigt wurden.

Tabelle der Drehmomente.

Autor	Incisivi	Drehmom.	Prämol.	Drehmom.	Mol.	Drehmom.
	kg.	kg cm	kg	kg cm	kg.	kg cm
Black	—	— —	—	— —	77,7	567
Dennis	30	318	55	495	75	547
Eckermann	32	339	—	— —	65	474
Etling	32	339	—	— —	65	474
Haber	25	265	40	360	70	511
Riechelmann	30	318	—	— —	80	584
Schröder, H.	18,5	196	21,7	195	—	— —

Müller schildert dann den Kaudruckmesser, mit dem G. Haber in den letzten Jahren seine Versuche gemacht hat: Zwei Aufbißplatten sind mit zwei geschlossenen Federn verbunden. Ein doppelarmiger Hebel, mit dem einen kurzen Arm den Druck der Aufbißplatten mittels Schlepper aufnehmend zeigt mit dem anderen langen Arm auf einer Skala den gemessenen Druck in kg an. Das ganze Instrumentarium besteht aus drei Apparaten, die verschieden hoch geeicht sind, und zwar der erste bis zu einem Druck von 25 kg, der zweite bis 60 kg und der dritte bis 150 kg. Zur Aufnahme des Kaudruckes sind auf die Aufbißflächen aufschiebbare Metallplättchen mit aufgenieteten Kautschukleisten beigegeben. Die Kautschukleisten tragen Einkerbungen, in die bei Ausführung von Messungen die Schneiden bezw. Höcker der Zähne eingesetzt werden. Damit bezweckt man, daß bei Messungen die den Druck auffangende Platte des Instruments an einer bestimmten Stelle getroffen wird, um damit eine möglichst exakte Belastung der beiden Federn zu erzielen.

Müller prüft nun den Apparat und nimmt Versuche an zwei Personen vor, indem er die Kraft für jeden einzelnen Zahn mißt. Der besseren Uebersicht wegen führe ich die gefundenen Werte hier genau an.

1. Versuchsperson P. H., Zahnarzt, 22 Jahre alt.

a.	Rechts oben							Links oben						
a.	56	60	43	39	35	9,5	10,5	10,5	12	31	35	43	36	42
	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7
	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7
	72	60	—	41	34	12	20	15	17	36	31	54	41	69
	Rechts unten							Links unten						

2. Versuchsperson K. Sch., cand. med. dent., 20 Jahre alt.

	Rechts oben							Links oben						
a.	54	58	53	52	17	16	20	21	25	14	51	42	55	38
b.	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7
b.	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7
b.	60	82	58	53	26	19	23	24	23	30	47	36	57	56
	Rechts unten							Links unten						

Erklärung der Zahlen:
a. Druckwerte in kg, b. Zähne.

Bei Versuchsperson 1 steht 5 u. r. anomal im Kiefer und läßt keine Messungen zu. Links oben 6 und links unten 6 sind druckempfindlich.

Müller stellt nach diesen Versuchen fest, daß die Kautschuckleisten als Aufbißmaterial denkbar ungünstig sind, da nach einiger Zeit die Leisten besonders bei den Molaren durchbissen wurden und der Patient, da er auf die darunter liegenden Nieten biß, nicht mehr richtig zuzubeißen wagte. Daß der Flächendruck sehr groß war, zeigte sich auch daran, daß bei beiden Versuchspersonen nicht unerhebliche Schmelzdefekte auftraten. Müller versuchte nun dadurch, daß er statt der Kautschukleisten Juchtenlederstreifen auf den Bißplatten befestigte, den Flächendruck zu vermindern und erhält folgende Resultate:

1. Versuchsperson P. H.

	Rechts oben							Links oben						
a.	90	83	47	40	29	24	18	16	18	31	37	49	50	85
b.	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7
b.	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	5	4	6	7
a.	79	71	-	46	40	22	23	20	19	33	40	48	40	75
	Rechts unten							Links unten						

2. Versuchsperson K. Sch.

	Rechts oben							Links oben						
a.	112	98	69	50	39	26	22	25	22	31	58	65	76	73
b.	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7
b.	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7
b.	80	69	69	51	33	22	23	28	29	43	43	69	55	71
	Rechts unten							Links unten						

Man sieht, daß Müller durch Verminderung des Flächendruckes, indem er Juchtenleder auflegte, bedeutend höhere Werte erzielt hat. Er legt sich nun die Frage vor, sind die Messungen nach Haber richtig oder stimmen die Werte zumindestens mit dem Schmerzhaftigkeitsdruck überein. Um das zu prüfen, versucht er zuerst mal die Kaukräfte der beiden Versuchspersonen zu ermessen. Um die Fehler-

quellen zu vermeiden, die sich bei Federapparaten einstellen können, behält er die Methode der Gewichtsbelastung des Unterkiefers, wie sie schon Borelli und Sauer angewandt haben, nur daß Müller den Oberkiefer fixiert und den Flächendruck sehr verringert.

Der Apparat für die Messungen wird folgendermaßen beschrieben:

Ein Stahlrohr wird an der Decke und am Fußboden befestigt. Zwei Stahlmanschetten werden angebracht, die je ein Vierkanteisen vermittels einer zuschraubenden Führung halten können. Das eine Vierkanteisen wird in einem Winkel von 45 Grad schräg nach unten zeigend befestigt. An seinem Ende ist eine für jeden Patienten vorher gegossene Zinnschiene befestigt, die den Schneidezähnen und Prämolaren des Oberkiefers genau aufliegt. Das untere Vierkanteisen ist nach derselben Seite zeigend in wagerechter Stellung angebracht, und hat den Zweck, die Gewichte in der Ruhelage zu tragen. Ueber die wagerecht angebrachte Vierkantstange wird nun eine gefensterte Stahlscheibe geschoben, die unten ein Loch hat, um die Gewichte befestigen zu können und oben durchlöchert ist, um den Mundhaken aufzunehmen. Das Fenster in der Stahlscheibe ist so groß, daß die Scheibe beim Zubeißen noch um 2 cm gehoben werden kann. Für jeden Patienten ist nun noch eine Aufbißschiene für den Unterkiefer angefertigt worden, auf der eine Stahlplatte befestigt werden kann. Auf der Stahlplatte sind von der Schneide der Incisivi angefangen 5 Einkerbungen im Abstand von 0,92 cm angebracht, in die der meißelförmig zulaufende Mundhaken bei den Versuchen eingesetzt werden kann. Der Patient setzt sich vor den Apparat. Das Vierkanteisen mit der Zinnschiene für den Oberkiefer wird soweit heruntergelassen, daß der Oberkiefer in einem Winkel von 30 Grad schräg nach oben gerichtet bequem in die Schiene hineingelegt werden kann, während der Unterkiefer soweit geöffnet wird, daß die Stahlplatte, die an der Aufbißschiene des Unterkiefers befestigt ist, genau horizontale Lage hat. Die untere Vierkantstange, an der die gefensterte Stahlscheibe mit den Gewichten angebracht ist, wird nun

soweit hinabgelassen, bis der Mundhaken, in eine beliebige der 5 Einkerbungen eingesetzt, gerade angespannt ist. Die Zweckmäßigkeit der Versuchsanordnung ist die:

Dadurch, daß die Wagschale mit den Gewichten aufgehängt ist, ist das Anheben und Absetzen für die Versuchsperson einfach und ungefährlich, durch die Fixation des Oberkiefers ist die Nackenmuskulatur ausgeschaltet.

Zunächst wurde Versuchsperson 1 gemessen, die Messungen 3 Mal ausgeführt, und die Mittelwerte eingesetzt.

1. Einkerbung 45 kg Schneide der Frontzähne
2. „ 50 kg 1. Prämolar
3. „ 60 kg Grenze zwischen 2. Prämol. und 1. Molar
4. „ 71,5 kg 1. Molar
5. Einkerbung 84 kg 2. Molar.

Um die Richtigkeit der gefundenen Werte zu prüfen, errechnet Müller die Drehmomente. Die senkrechten Abstände des Aufbißpunktes vom Drehpunkt findet er durch Ausmessung an der Pause einer Röntgenaufnahme. Die Abstände vom Drehpunkt betragen bei:

Einkerbung 1 = 8,4 cm
„ 2 = 7,5 cm
„ 3 = 6,6 cm
„ 4 = 5,7 cm
„ 5 = 4,8 cm

Demnach betragen die einzelnen Drehmomente bei:

Einkerbung 1 = 378 kg cm
„ 2 = 375 kg cm
„ 3 = 396 kg cm
„ 4 = 407 kg cm
„ 5 = 403 kg cm

Der Durchschnitt der Drehmomente ist also 391,8 kg cm. Das Abweichen der Drehmomente von diesem Mittelwert bedeutet also für die gemessenen Drucke einen Fehler von 2 kg.

Dieselben Messungen wurden bei Versuchsperson 2 unternommen. Die Ergebnisse sind folgende:

1. Teilstrich 56 kg
2. „ 64 kg
3. „ 73 kg
4. „ 85 kg
5. „ 103 kg

Die senkrechten Abstände vom Drehpunkt bis zum Angriffspunkt der Last betragen hierbei:

1. Teilstrich 8,3 cm
2. „ 7,4 cm
3. „ 6,5 cm
4. „ 5,6 cm
5. „ 4,7 cm

Demnach betragen die Drehmomente:

1. Teilstrich 475 kg cm
2. „ 475 kg cm
3. „ 475 kg cm
4. „ 476 kg cm
5. „ 484 kg cm

Man sieht, daß bei Versuchsperson 2 der Unterschied der Drehmomente ganz minimal ist. Ich möchte mich der Ansicht Müller's anschließen, wenn er sagt, daß Haber nicht den Kaudruck sondern den Schmerzhaftigkeitsdruck mißt. Müller macht nun noch ähnliche Versuche an den einzelnen Kaueinheiten, die hier anzuführen sich erübrigen dürfte. Man kann an den angeführten Beispielen einigermaßen ersehen, wieweit die Messungen der Kieferkräfte bis zum heutigen Tage gediehen sind.

Wir haben gesehen, daß der menschliche Kieferapparat zu beachtlichen Leistungen imstande ist. Die Vorbedingung für diese Leistungsfähigkeit ist ein gesundes Gebiß. Für uns ist es Aufgabe, den Patienten dahin aufzuklären, wie wichtig es für ihn ist, seine Kieferkräfte nicht brach liegen zu lassen und durch Erhaltung des Gebisses dafür zu sorgen, daß der Patient diese Kräfte zu seinem körperlichen Wohlergehen ausnutzen kann.

Literatur-Verzeichnis.

G. V. Black: An investigation of the physical characters of the human teeth in relation to their diseases, and to practical dental operation, together with the physical characters of filling materials.
Dental Cosmoß 1895, Heft 5, 6, 7, 8 und 9. Dtsche. Mtsschr. f. Zhlkde. 1896, Heft 4, Seite 158.

Block, Dr., Chicago: Ueber die menschliche Kraftleistung beim Essen. Referat Zahnärztl. Rundschau 1911.

Bildstein, Siegfried: Ueber den Mißbrauch der Zähne und dessen Folgen. Berlin, Med. Dissertation 1920.

Dennis, Dr, Geo. J.: Eine Studieüber die Kraft der Kiefer beim Kauen. Referat Schaeffer-Stuckert. Dtsche. Mtsschr. f. Zhlkde. 1894.

Dieck, W.: Ueber eine ungewöhnliche Kaumuskelwirkung. Dtsche. Mtsschr. f. Zhlkde. 1896.

Drossard, Walter: Ueber regressive und progressive Erscheinungen im menschlichen Gebiß. Med. Diss. Bonn 1926.

Eckermann, R., Dr.: Physiologische Bedeutung der Kieferbelastung und ihre Ermessung. Referat Dtsche. Mtschr. f. Zhlkde. 1911.

Junck, Kurt: Die Kaukraft des Menschen und ihre Ausdruckgröße bei zahnärztlichen Brückenprothesen. Rostock, Med. Diss. 1922.

Morelli, Dr.: Ueber Kaudruck. Wiener Vierteljahresschrift f. Zhlkde. 1920. Referat Dte. Mtsschr. f. Zhlkde. 1922.

Müller, Aloys, Georg: Ueber Kaudruck und Zahnschmerzhaftigkeitsdruck. Med. Diss. Frankfurt a. M. 1928.

Rosenthal, J.: Ueber die Kraft der Kaumuskeln. Sitzungsberichte der physikalisch-med. Societät 1895.

Sauer, C., Prof.: Mit wieviel Gewicht beißt der Mensch? Dtsche Mtsschr. f. Zhlkde. 1891.

Schleurholtz-Boerma: Eine Betrachtung über den Gnathodynamometer. Referat, Ergebnisse der gesamten Zhlkde. II.

Schröder, H.: Lehrbuch der techn. Zahnheilkunde. Bd. I. H. Meusser Verlag Berlin 1927.
Die Kraft der Kaumuskeln. Dtsche. Mtsschr. f. Zhlkde. 1896, Heft 6. Mit wieviel Kraft beißt der Mensch? Dtsche. Mtschr. f. Zhlkde. 1901. Leistungsfähigkeit des Gebisses. Dtsche zahnärztl. Wchschr. 1912.

Lebenslauf.

Am 22. Juni 1906 wurde ich, Horst Jacobi, als Sohn des Bergassessors Robert Jacobi und seiner Ehefrau Hedwig geb. Punge in Braunschweig geboren. Ich besuchte das Realgymnasium zu Essen-Bredeney, wo ich Ostern 1927 meine Reifeprüfung bestand. Im Sommersemester 1927 begann ich an der Universität Marburg mein zahnmedizinisches Studium. Die Vorprüfung legte ich nach dem vierten Semester ab und bestand nach 7 Semestern im Herbst 1930 das zahnmedizinische Staatsexamen. Das 8. Semester belegte ich ebenfalls in Marburg. Anfang März 1931 bekam ich eine Assistentenstelle in der Praxis des Herrn Dr. Corell in Marburg, die ich bis zum heutigen Tage, mit Ausnahme von $1^1/_2$ Monaten, versorgt habe.

Meine akademischen Lehrer waren:

Arndt, von Auwers, Boeminghaus, Dittler, Eimer, Göppert, Grüneisen, Gürber, Geßner, Loebell, Nauck, Pfannenstiel, Ruete, Seidel, Versé, Wiedhopf.